

【特許請求の範囲】

【請求項1】 水素を吸放出可能な水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンクと、

前記水素吸蔵合金から水素を放出させるために前記燃料電池の廃熱によって前記水素吸蔵タンクを加熱する第1加熱手段と、

を備え、前記水素吸蔵タンクの水素を前記燃料電池に燃料として供給する燃料電池用水素供給装置において、前記第1加熱手段の熱媒体の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときに水素を燃焼して前記水素吸蔵タンクを加熱する第2加熱手段、を備えることを特徴とする燃料電池用水素供給装置。

【請求項2】 前記燃料電池の水素供給源として前記水素吸蔵タンクとは別に水素を圧縮状態で貯蔵可能な水素タンクを備え、前記第1加熱手段の熱媒体の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、前記水素タンクから放出された水素を前記第2加熱手段に供給するとともに前記燃料電池に供給することを特徴とする請求項1に記載の燃料電池用水素供給装置。

【請求項3】 燃料電池の水素供給源としての水素を吸放出可能な水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンクと、前記水素吸蔵合金から水素を放出させるために前記燃料電池の廃熱によって加熱された空気を熱媒体として前記水素吸蔵タンクを加熱する第1加熱手段と、前記第1加熱手段の熱媒体である加熱された空気の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときに、前記水素吸蔵タンクを加熱するために、前記加熱された空気に水素を供給されて触媒燃焼させる第2加熱手段と、を備えたことを特徴とする燃料電池用水素供給装置。

【請求項4】 前記第2加熱手段は、前記水素吸蔵タンクの外表面に触媒を担持して構成されていることを特徴とする請求項3に記載の燃料電池用水素供給装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、燃料電池へ燃料としての水素を供給する燃料電池用水素供給装置に関するものであり、特に、水素供給源として水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンクを備える燃料電池用水素供給装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】例えば自動車等の移動体に搭載した燃料電池に水素を供給する水素供給装置には、予め水素を吸蔵させておいた水素吸蔵合金から水素を放出させて燃料電池に供給するようにしたものがある（特開2000-88196号公報等）。

【0003】この水素吸蔵合金においては、水素の吸蔵・放出に熱の出入りを伴い、水素を吸蔵させる時には水素吸蔵合金から熱を除去してやらなければならない、水素を放出させる時には水素吸蔵合金に熱を供給してやらな

ければならない。ここで、水素放出に必要な熱量は、水素吸蔵合金の熱容量により賄われるため、外部から熱を加えない限り水素放出によって水素吸蔵合金の温度が低下し、放出圧力が低下するので、水素を放出することができなくなる。

【0004】そこで、水素吸蔵合金から水素を安定して放出することができるように、燃料電池の発電時に生じる熱を回収してこの廃熱で水素吸蔵合金を加熱し、水素吸蔵合金の温度を低下させないようにするシステムが考えられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】このシステムでは、低温始動時の場合、燃料電池が運転されていないので燃料電池の廃熱で水素吸蔵合金を加熱することができず、別の加熱手段で水素吸蔵合金を加熱する必要がある。このときの加熱手段として従来は電気ヒータやペルチェ素子などの電気-熱変換素子が用いられており、バッテリーに貯蔵した電力を使用してこれら電気-熱変換素子を作動し水素吸蔵合金を加熱している。

【0006】しかしながら、電気ヒータやペルチェ素子などの電気-熱変換素子を用いた場合には、次のような問題が生じる。電気-熱変換素子を作動するための電力は、水素を変換して製造しバッテリーに貯蔵されたものであるため、全体的な水素利用の効率が低下する。加熱用機器（即ち、電気-熱変換素子）が必要となり、システム全体の体積および重量が増大するため、車両等の移動体に搭載するのに不利になる。電気-熱変換素子自身を加熱するために熱量および時間が必要であり、効率が悪いとともに、水素吸蔵合金の加熱が迅速にできない。

【0007】そこで、この発明は、水素を燃焼した燃焼熱で水素吸蔵合金を加熱することにより、水素吸蔵合金の早期加熱を図ることができる燃料電池用水素供給装置を提供するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載した発明に係る燃料電池用水素供給装置は、水素を吸放出可能な水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンク（例えば、後述する第1の実施の形態における水素吸蔵タンク1、および、第1の実施の形態における水素吸蔵タンク51）と、前記水素吸蔵合金から水素を放出させるために前記燃料電池の廃熱によって前記水素吸蔵タンクを加熱する第1加熱手段（例えば、後述する第1の実施の形態におけるダクト3と熱交換チューブ5、および、第2の実施の形態における熱交換チューブ55）と、を備え、前記水素吸蔵タンクの水素を前記燃料電池（例えば、後述する第1の実施の形態における燃料電池7、および、第2の実施の形態における燃料電池57）に燃料として供給する燃料電池用水素供給装置において、前記第1加熱手段の熱媒体の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときに水素を燃焼

して前記水素吸蔵タンクを加熱する第2加熱手段（例えば、後述する第1の実施の形態における酸化触媒2、および、第2の実施の形態における酸化触媒52）、を備えることを特徴とする。

【0009】このように構成することにより、第1加熱手段の熱媒体の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、水素を燃焼させたときの燃焼熱によって水素吸蔵タンクを迅速に加熱することができ、水素吸蔵タンクに収納された水素吸蔵合金を迅速に加熱することが可能となる。

【0010】また、燃料電池の運転により第1加熱手段の熱媒体が加熱されるので、第1加熱手段の熱媒体の熱量を水素吸蔵タンクの要求する熱量まで早期に増大させることが可能となる。さらに、燃料電池の廃熱を有効利用することができる。

【0011】請求項2に記載した発明は、請求項1に記載した発明において、前記燃料電池の水素供給源として前記水素吸蔵タンクとは別に水素を圧縮状態で貯蔵可能な水素タンク（例えば、後述する第1の実施の形態における水素タンク19）を備え、前記第1加熱手段の熱媒体の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、前記水素タンクから放出された水素を前記第2加熱手段に供給するとともに前記燃料電池に供給することを特徴とする。

【0012】このように構成することにより、第1加熱手段の熱媒体の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、水素タンクから燃料電池に供給される水素によって燃料電池を運転すると同時に、水素タンクから第2加熱手段に供給される水素を燃焼させて水素吸蔵タンクを加熱し水素吸蔵合金を加熱することが可能となる。

【0013】請求項3に記載した発明は、燃料電池（例えば、後述する第1の実施の形態における燃料電池7）の水素供給源としての水素を吸放出可能な水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンク（例えば、後述する第1の実施の形態における水素吸蔵タンク1）と、前記水素吸蔵合金から水素を放出させるために前記燃料電池の廃熱によって加熱された空気を熱媒体として前記水素吸蔵タンクを加熱する第1加熱手段（例えば、後述する第1の実施の形態におけるダクト3と熱交換チューブ5）と、前記第1加熱手段の熱媒体である加熱された空気の熱量が前記水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときに、前記水素吸蔵タンクを加熱するために、前記加熱された空気に水素を供給されて触媒燃焼させる第2加熱手段（例えば、後述する第1の実施の形態における酸化触媒2）と、を備えたことを特徴とする。

【0014】このように構成することにより、第1加熱手段の加熱空気の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、水素吸蔵タンクは第1加熱手段の加熱空気の熱に加えて、第2加熱手段での触媒燃焼によ

る生じた燃焼熱で加熱されることとなるので、水素吸蔵タンクをより迅速に加熱することができ、水素吸蔵タンクに収納された水素吸蔵合金をより迅速に加熱することが可能となる。また、燃料電池の運転により第1加熱手段の加熱空気が加熱されるので、該加熱空気の熱量を水素吸蔵タンクの要求する熱量まで早期に増大させることが可能となる。さらに、燃料電池の廃熱を有効利用することができる。また、第1加熱手段の熱媒体を空気としたことにより、装置構成を簡素化でき、重量低減が可能となる。

【0015】請求項4に記載した発明は、請求項3に記載した発明において、前記第2加熱手段は、前記水素吸蔵タンクの外表面に触媒を担持して構成されていることを特徴とする。このように構成することにより、水素吸蔵タンクを担体として利用しているので、触媒燃焼器の専有スペースを実質的に不要にすることができ、装置の小型軽量化が可能となる。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、この発明に係る燃料電池用水素供給装置の実施の形態を図1から図4の図面を参照して説明する。

〔第1の実施の形態〕初めに、この発明に係る燃料電池用水素供給装置の第1の実施の形態を図1および図2の図面を参照して説明する。

【0017】図1は水素供給装置を備えた自動車用燃料電池システムの構成図である。水素供給装置は熱媒体としての空気が流通するダクト3を備え、ダクト3内の下流部位には、内部に水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンク1が設置されている。水素吸蔵タンク1はステンレス製で、外周面に多数のフィン1aを備えており、フィン1aの外周面には酸化触媒（例えば、白金黒）2が添設されている。この酸化触媒2は水素吸蔵タンク1の外周面を脱脂洗浄した後に電着されたものである。酸化触媒2は後述するようにダクト3に放出された水素を触媒燃焼させて水素吸蔵タンク1を加熱する触媒燃焼器（第2加熱器）を構成する。ダクト3内の水素濃度は触媒燃焼により下流に進むにしたがって低くなると予想されるので、水素吸蔵タンク1に添設される酸化触媒2を上流側に比べて下流側に高密度に添設することによって、水素吸蔵タンク1の温度の均一化を図っている。

【0018】ダクト3の内部であって水素吸蔵タンク1よりも上流側には熱交換チューブ5が設けられている。この熱交換チューブ5は、ダクト3の外部に設置された燃料電池（図1ではFCスタックと記す）7の冷却水回路（図示せず）に接続されていて、燃料電池7の冷却水が循環するようになっている。燃料電池7は固体高分子膜型燃料電池であって、水素と空気中の酸素とを電気化学反応させて電気を発生させるタイプのものであり、前記冷却水は燃料電池7が発電時に発生する熱を除去するためのものである。燃料電池7を冷却することによって

加熱された冷却水が熱交換チューブ5に導入され、熱交換チューブ5を通過する際にダクト3を流れる空気と熱交換し、これにより冷却水は冷却され再び燃料電池7の冷却水回路に戻るようになっている。つまり、熱交換チューブ5は燃料電池7の冷却ラジエータとすることができる。そして、冷却水と熱交換して加熱された空気はダクト3を水素吸蔵タンク1へと流れ、水素吸蔵タンク1を加熱する。この第1の実施の形態においてダクト3と熱交換チューブ5は、空気を熱媒体とする第1加熱手段を構成する。

【0019】水素吸蔵タンク1の水素吸蔵合金から放出された水素は、水素供給管9、切り替え弁V1、水素供給管13を介して燃料電池7に供給可能になっている。水素供給管13にはこれを流れる水素の流量を検出する流量計15が設けられており、流量計15は検出流量に応じた出力信号を燃料電池用電子制御ユニット（以下、ECUと略す）37に出力する。

【0020】また、ダクト3の外には水素タンク19が設置されている。この水素タンク19は水素吸蔵タンク1よりも高圧で水素を圧縮して貯蔵可能になっており、この実施の形態では、水素タンク19の最大貯蔵圧は25MPaに設定されている。水素タンク19に貯蔵された水素も、水素供給管17、切り替え弁V1、水素供給管13を介して、燃料電池7に供給可能になっており、水素タンク19は、低温のため水素吸蔵合金から水素を放出できず、若しくは、水素吸蔵合金から水素を放出すると温度低下により直ぐに放出不能になる虞がある時に、水素を燃料電池7に供給する。なお、水素タンク19から放出された水素の圧力は図示しないレギュレータ等で燃料電池7の所望する圧力まで減圧される。

【0021】切り替え弁V1は水素の流路を三つのパターンに切り替え可能にするものであり、第1のパターンでは水素供給管9と水素供給管13を連通して水素供給管17を閉塞し、第2のパターンでは水素供給管13と水素供給管17を連通して水素供給管9を閉塞し、第3のパターンでは総ての水素供給管9、13、17を閉塞するようになっている。この切り替え弁V1の駆動部（図示せず）はECU37に電気的に接続されており、ECU37からの指令に基づいて切り替え弁V1は流路パターンを切り替えるようになっている。

【0022】一方、ダクト3において水素吸蔵タンク1と熱交換チューブ5との間には、合流ダクト21が連結されており、この合流ダクト21には、外気を導入可能な外気ダクト23と、図示しないクーラーで冷却された冷気を導入可能な冷気ダクト25が接続されている。

【0023】ダクト3内において水素吸蔵タンク1の下流にはファン29が設けられており、ファン29の駆動モータ（図示せず）はECU37に電気的に接続されており、ECU37からの指令に基づいてON/OFF動作するようになっている。

【0024】また、ダクト3内において、合流ダクト21との合流点と熱交換チューブ5との間には流量制御弁V3が設けられている。また、外気ダクト23、冷気ダクト25にもそれぞれ流量制御弁V4、V5が設けられている。

【0025】ダクト3において水素吸蔵タンク1よりも上流側で切り替え弁V3よりも下流側の部分は、流量制御弁V2を備えた水素供給管11を介して水素供給管17に接続されており、水素タンク19に貯蔵された水素を、水素供給管17、水素供給管11、流量制御弁V2を介してダクト3に放出可能になっている。これら流量制御弁V2～V5の弁体を駆動する駆動部（図示せず）はECU37に電気的に接続されており、ECU37からの指令値に応じて弁体の開度調整が行われるようになっている。

【0026】水素供給管9、水素供給管17には圧力センサP1、P2が設けられており、これら圧力センサP1、P2は検出圧力に応じた出力信号をECU37に出力する。水素吸蔵タンク1内には、内部に収容されている水素吸蔵合金の温度を検出するための温度センサTC1が設けられている。また、ダクト3内において、熱交換チューブ5と流量制御弁V3との間、および、合流ダクト21との合流点と水素吸蔵タンク1の間には、温度センサTC2、TC3が設けられている。また、冷気ダクト25、外気ダクト23にも温度センサTC4、TC5が設けられている。これら温度センサTC1～TC5は検出温度に応じた出力信号をECU37に出力する。

【0027】このように構成された燃料電池の水素供給装置においては、通常運転時には、切り替え弁V1により水素供給管9と水素供給管13を連通して水素供給管17を閉塞し、水素吸蔵タンク1内の水素吸蔵合金から放出した水素を燃料電池7に供給して発電する。そして、水素吸蔵タンク1内の水素吸蔵合金が水素を放出する際に水素吸蔵合金に奪われる熱を補うために、ファン29によってダクト3内に導入した外気を、熱交換チューブ5を流れる燃料電池7の冷却水と熱交換することにより加熱し、加熱された外気を水素吸蔵タンク1の周囲に流すことにより、外気の熱をフィン1aから吸熱させる。

【0028】ここで、水素吸蔵タンク1を加熱する熱量は、加熱媒体の温度から水素吸蔵タンク1の温度を引いた温度差に加熱媒体の流量を乗じた積に比例し、水素吸蔵タンク1から奪われる熱量は、水素吸蔵タンク1から放出される水素量に比例する。前記加熱媒体は、熱交換チューブ5を流れる冷却水、あるいは、水素吸蔵タンク1に送気される空気、とすることができる。

【0029】また、燃料電池7への水素の安定供給を図るために、水素吸蔵タンク1内を所定の一定圧力となるように制御するが、そのために、水素吸蔵合金の温度、換言すれば水素吸蔵タンク1内の温度が、前記一定圧力

を解離圧としたときに対応する温度となるように制御する。

【0030】そして、この水素供給装置における水素吸蔵タンク1の前記温度制御では、外気ダクト23から導入される外気と冷氣ダクト25から導入される冷氣と、ダクト3の上流端から導入され熱交換チューブ5で加熱された外気（以下、加熱外気と称し、外気ダクト23から導入される外気と区別する）とを所定流量比で混合することにより、水素吸蔵タンク1を所定温度に制御するのに必要な熱量を水素吸蔵タンク1に供給するようにしている。

【0031】詳述すると、ECU37は、温度センサTC1の出力信号に基づき算出された水素吸蔵合金の温度と、圧力センサP1の出力信号に基づき算出された放水素圧力と、流量計15の出力信号に基づいて算出された水素供給量から、水素吸蔵タンク1に供給すべき空気10の温度（以下、目標空気温度という）を算出し、また、温度センサTC2、TC4、TC5の出力信号に基づいて、加熱外気の温度、冷氣ダクト25から導入された冷氣の温度、外気ダクト23から導入された外気の温度を算出し、温度センサTC3で検出される空気温度が前記目標空気温度になるように加熱外気、外気、冷氣の流量比を算出し、その流量比となるように流量制御弁V3、V4、V5の弁開度を算出し、それぞれの弁開度に対応する出力信号を流量制御弁V3、V4、V5の駆動部に出力する。

【0032】ところで、燃料電池7の始動時には燃料電池7が運転されていないので、上述した通常運転時のように燃料電池7の廃熱を利用して水素吸蔵タンク1を加熱することができない。そのため、始動時の温度条件によ10っては、水素吸蔵合金から水素を全く放出することができなかつたり、あるいは、水素放出可能であっても水素吸蔵合金から水素を放出すると水素吸蔵合金が直ぐに放出限界温度を下回って放出不能になる場合がある。

【0033】この水素供給装置では、このように水素吸蔵タンク1に対する加熱手段である熱交換チューブ5で加熱した外気（熱媒体）の熱量が、水素吸蔵タンク1が要求する熱量に満たない時（例えば、低温始動時）には、水素タンク19の水素を直接に燃料電池7へ供給して、燃料電池7に要求される量の水素を安定供給し燃料電池7を適正に運転すると同時に、水素タンク19の水素を水素吸蔵タンク1の上流側からダクト3に放出してダクト3に導入された外気とともに水素吸蔵タンク1の外周に流し、水素吸蔵タンク1の表面に添設された酸化触媒2により触媒燃焼させる。これにより、燃料電池7の運転により冷却水を暖めると同時に、水素の触媒燃焼により水素吸蔵タンク1およびこれに収納されている水素吸蔵合金を加熱するようにしている。

【0034】そして、水素タンク19から燃料電池7への水素の供給は、水素吸蔵タンク1の温度（すなわち、

水素吸蔵合金の温度）が水素吸蔵合金から水素を放出することが可能となる所定温度 t_2 に達するまで継続し、この所定温度 t_2 を越えたら燃料電池7への水素供給源を水素タンク19から水素吸蔵タンク1に切り替えることとした。

【0035】また、水素タンク19からダクト3への水素の放出は、熱交換チューブ5により加熱された加熱外気の温度が所定温度 t_1 を越えて、水素吸蔵合金が定常的に水素放出可能な温度を維持するために水素吸蔵タンク1が要求する熱量を加熱外気の供給だけで賄えるようになるまで継続し、所定温度 t_1 を越えたらダクト3への水素の放出を停止して前述した通常運転状態にするこ15ととした。

【0036】このようにすると、従来のように電気ヒーター等の電気-熱変換素子を用いて水素吸蔵タンク1を加熱したときと比較して、迅速に水素吸蔵合金を加熱することができる。特に、この実施の形態では、酸化触媒2を水素吸蔵タンク51の表面に添設しており、水素の触媒燃焼が水素吸蔵タンク51の外周面で生じるので、その燃焼熱を極めて効率的に水素吸蔵タンク51および水素吸蔵合金に伝達することができ、極めて迅速に加熱20することができる。また、酸化触媒2は水素吸蔵タンク1を担体として利用し、この水素吸蔵タンク51の外周面に極めて薄く設けることができるので、装置体積および重量の実質的な増加がない。換言すれば、触媒燃焼器の専有スペースを実質的に不要にすることができ、装置の小型軽量化が可能となる。

【0037】また、この実施の形態では、燃料電池7がその廃熱を加熱外気を介して水素吸蔵タンク1に供給することができるようになる前に、水素吸蔵タンク1から燃料電池7に水素を供給しているので、寒冷期における低温始動時においても、水素タンク19からの水素放出量を減少させることができる。したがって、水素吸蔵タンク1に水素が十分に残存しているのにもかかわらず水素タンク19が空になって燃料電池7が始動不能になる事態を回避することができる。また、水素タンク19の容量を減少することができる。

【0038】次に、図2の図面を参照して、燃料電池への水素供給処理を説明する。なお、図2のフローチャートでは、水素吸蔵タンクをMHタンクと表記し、燃料電池をFCと表記している。また、この実施の形態では、TC2で検出される加熱外気の温度が所定温度 t_1 以下のときは、加熱外気だけでは水素吸蔵タンク1が要求する熱量を賄えないものと判定することとした。

【0039】水素供給装置は、イグニッションスイッチのON信号により始動開始となり、ECU37は、温度センサTC2の出力信号に基づき熱交換チューブ5の下流の空気温度を検出し（ステップS101）、この空気温度が所定温度 t_1 よりも大きいと判定する（ステップS102）。20

【0040】ステップS102において否定判定した場合には、ステップS103からステップS112に示す低温始動処理を実行する必要があると判断してステップS103に進み、ファン29の運転を開始し、切り替え弁V3を開き、切り替え弁V4、V5を閉じる。これにより、ダクト3から導入された外気だけがダクト3を通過して水素吸蔵タンク1に向かって流れるようになり、外気ダクト23からの外気の導入と冷気ダクト25からの冷気の導入が阻止される。

【0041】次に、ステップS104に進み、流量制御弁V1を、水素供給管17と水素供給管13とを連通して水素供給管9を閉塞するように作動し、水素タンク19の水素を燃料電池7に供給して、燃料電池7を運転開始し発電する。燃料電池7の運転により冷却水が加熱され、冷却水温度が徐々に上昇し、ダクト3を通過する外気の温度が徐々に上昇することとなる。

【0042】次に、ステップS105に進み、温度センサTC1の出力信号に基づいて水素吸蔵タンク1に収納されている水素吸蔵合金の温度を検出し、圧力センサP1の出力信号に基づいて水素供給管9の水素圧力（すなわち、水素吸蔵タンク1から放出される水素圧力）を検出する。

【0043】次に、ステップS106に進み、水素吸蔵合金の温度（TC1）と水素供給管9の水素圧力（P1）に基づいてダクト3内に放出させるべき燃焼用水素の量と、ダクト3に導入すべき外気の量を算出し、これらに基づいて流量制御弁V2、V3の開度を決定して、ステップS107において流量制御弁V2、V3の開度調整を行う。これにより、水素タンク19の水素が水素供給管11からダクト3に放出され、ダクト3に導入された外気とともに水素吸蔵タンク1の周りを流れる。このとき、水素吸蔵タンク1のフィン1aの表面に添設された酸化触媒2によって水素が触媒燃焼し、水素吸蔵タンク1を加熱し、水素吸蔵タンク1に収納されている水素吸蔵合金を加熱する。

【0044】次に、ステップS108に進み、水素吸蔵合金の温度（TC1）が所定温度 t_2 を越えているか否かを判定する。ステップS108において否定判定した場合、すなわち、水素吸蔵合金の温度が所定温度 t_2 を越えていない場合には、水素吸蔵合金から水素を放出することができないので、ステップS105に戻る。そして、ステップS108で肯定判定するまで、ステップS105からステップS108の処理を繰り返し実行する。これにより、ステップS108で肯定判定するまでは、水素タンク19の水素を燃料電池7に供給して発電しながら、水素タンク19の水素をダクト3に放出して水素を触媒燃焼させ水素吸蔵合金の加熱を継続することとなる。

【0045】ステップS108において肯定判定した場合には、水素吸蔵合金から水素を放出可能であるので、

ステップS109に進んで、流量制御弁V1を、水素供給管9と水素供給管13とを連通して水素供給管17を閉塞するように作動し、燃料電池7への水素供給源を水素タンク19から水素吸蔵タンク1に切り替えて、水素吸蔵タンク1の水素を燃料電池7に供給し運転する。

【0046】そして、ステップS110に進み、温度センサTC2の出力信号に基づき熱交換チューブ5の下流の加熱外気の温度を検出し、さらにステップS111に進んで、この加熱外気温度が所定温度 t_1 よりも大きい（10）か否かを判定する。ステップS111において否定判定した場合には、加熱外気の供給だけでは熱量が不足し、水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができないので、ステップS106に戻り、ステップS111で肯定判定するまで、ステップS106からステップS111の処理を繰り返し実行する。これにより、ステップS111で肯定判定するまでは、水素吸蔵タンク1の水素吸蔵合金から放出された水素を燃料電池7に供給し発電しながら、水素タンク19からダクト3に放出された水素を触媒燃焼させて水素吸蔵合金の加熱（20）を継続することとなる。

【0047】そして、ステップS111で肯定判定した場合、すなわち、加熱外気の温度が所定温度 t_1 を越えた場合には、加熱外気の供給だけで水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができるので、ステップS112に進んで流量制御弁V2を閉じて、水素タンク19の水素をダクト3に放出するのを停止する。

【0048】次いで、ステップS113からステップS115の通常運転時の温度制御を実行する。すなわち、水素吸蔵合金の温度（TC1）と水素吸蔵タンク1から放出される水素圧力（P1）と燃料電池7への水素供給量（流量計15）に基づいて水素吸蔵タンク1へ供給する（30）空気（目標空気温度）を算出し（ステップS113）、加熱外気温度（TC2）、冷気温度（TC4）、外気温度（TC5）に基づいて、目標空気温度になるように流量制御弁V3、V4、V5の開度を決定し（ステップS114）、その開度となるように流量制御弁V3、V4、V5の開度を調節する（ステップS115）。

【0049】そして、ステップS116において運転停止指令があるか否かを判定して、否定判定した場合には（40）ステップS113に戻り、ステップS116において肯定判定するまでステップS113からステップS116の処理を繰り返し実行する。ステップS116において肯定判定した場合、すなわち、運転停止指令があった場合には、ステップS117に進み、流量制御弁V1、V3、V4、V5を総て全閉とし、ファン29を停止して、燃料電池7の運転を停止する。

【0050】一方、ステップS102において肯定判定した（50）場合、すなわち、イグニッションスイッチのONで始動開始し、温度センサTC2により熱交換チューブ5

の下流の空気温度を検出して（ステップS101）、この空気温度が所定温度 t_1 よりも大きいと判定した場合には、水素をダクト3に供給して触媒燃焼させなくても、加熱空気の供給だけで十分に水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができるので、すなわちステップS103からステップS112に示す低温始動処理を実行する必要がないので、ステップS118に進み、流量制御弁V1を、水素供給管9と水素供給管13とを連通して水素供給管17を閉塞するように作動し、水素吸蔵タンク1から水素を燃料電池7に供給して、燃料電池7を運転して発電する。この後、ステップS113に進んで通常運転時の温度制御を実行する。ステップS113以降の処理については、前述したのと全く同じであるので説明を省略する。

【0051】〔第2の実施の形態〕次に、この発明に係る燃料電池用水素供給装置の第2の実施の形態を図3および図4の図面を参照して説明する。図3は水素供給装置を備えた自動車用燃料電池システムの構成図である。水素供給装置は空気が流通するダクト53を備え、ダクト53内の下流部位には、内部に水素吸蔵合金を収納した水素吸蔵タンク51が設置されている。水素吸蔵タンク51はステンレス製で、外周面に多数のフィン（図示を省略）を備えており、フィンの外周面には酸化触媒（例えば、白金黒）52が添設されている。この酸化触媒52は水素吸蔵タンク51の外周面を脱脂洗浄した後、に電着されたものである。酸化触媒52は後述するようにダクト53に放出された水素を触媒燃焼させて水素吸蔵タンク51を加熱する触媒燃焼器（第2加熱器）を構成する。水素吸蔵タンク1に添設される酸化触媒52は、水素吸蔵タンク1の温度の均一化を図るため、上流側

に比べて下流側に高密度に添設されている。

【0052】水素吸蔵タンク51内部には、水素吸蔵合金を加熱するための熱交換チューブ55が設けられており、この熱交換チューブ55は、ポンプ57を介して、ダクト53の外部に設置された燃料電池（図1ではFCスタックと記す）57の冷却水回路（図示せず）に接続されていて、燃料電池57の冷却水が循環するようになっている。燃料電池57は固体高分子膜型燃料電池であって、水素と空気中の酸素とを電気化学反応させて電気を発生させるタイプのものであり、前記冷却水は燃料電池57が発電時に発生する熱を除去するためのものである。燃料電池57を冷却することによって加熱された冷却水が熱交換チューブ55に導入され、熱交換チューブ55を通過する際に水素吸蔵タンク51に収納されている水素吸蔵合金と熱交換し、これにより水素吸蔵合金は加熱され、冷却水は冷却されて再び燃料電池57の冷却水回路に戻るようになっている。この実施の形態において、熱交換チューブ55は冷却水を熱媒体とする第1加熱手段を構成する。

【0053】水素吸蔵タンク51の水素吸蔵合金から放

出された水素は、水素供給管61、流量制御弁V6、水素供給管63を介して燃料電池57に供給可能になっている。流量制御弁V6の駆動部（図示せず）はECUと67に電気的に接続されており、ECU67からの指令に基づいて駆動されるようになっている。水素供給管63にはこれを流れる水素の流量を検出する流量計65が設けられており、流量計65は検出流量に応じた出力信号をECU67に出力する。

【0054】また、ダクト53の外部には水素を圧縮して貯蔵可能な水素タンク69が設置されている。水素タンク69は、水素供給管71、流量制御弁V7、水素供給管73を介して水素供給管61に接続されるとともに、水素供給管71、流量制御弁V7、水素供給管75を介して、水素吸蔵タンク51よりも上流側のダクト3に接続されている。水素タンク69は、低温のため水素吸蔵合金から水素を放出できず、若しくは、水素吸蔵合金から水素を放出すると温度低下により直ぐに放出不能になる虞がある時に、水素をダクト3に供給する。

【0055】流量制御弁V7は、水素の流路を三つのパターンに切り替え可能にするものであり、第1のパターンでは水素供給管71と水素供給管75を連通して水素供給管73を閉塞し、第2のパターンでは水素供給管71と水素供給管73を連通して水素供給管75を閉塞し、第3のパターンでは総ての水素供給管71、73、75を閉塞するようになっている。なお、流量制御弁V7を閉じるとは、前記第3のパターンをいうものとする。この切り替え弁V7の駆動部（図示せず）はECU67に電気的に接続されており、ECU67からの指令に基づいて切り替え弁V7は流路パターンを切り替えるようになっている。

【0056】ダクト53内において水素供給管75との合流点よりも上流にはファン77が設けられており、ファン77の駆動モータ（図示せず）はECU67に電気的に接続されていて、ECU67からの指令に基づいてON/OFF動作するようになっている。

【0057】水素供給管61、水素供給管71には圧力センサP3、P4が設けられており、これら圧力センサP3、P4は検出圧力に応じた出力信号をECU67に出力する。水素吸蔵タンク51内には、内部に収容されている水素吸蔵合金の温度を検出するための温度センサTC6が設けられている。また、ポンプ59よりも下流側であって水素吸蔵タンク51よりも上流側の冷却水回路には、冷却水の温度を検出するための温度センサTC7が設けられている。これら温度センサTC6、TC7は検出温度に応じた出力信号をECU67に出力する。

【0058】このように構成された燃料電池の水素供給装置においては、通常運転時には、切り替え弁V7を全閉にして水素供給管73を閉塞し、流量制御弁V6を開いて水素供給管61、63を連通することにより、水素吸蔵タンク51内の水素吸蔵合金から放出された水素を

燃料電池57に供給して発電する。そして、燃料電池57によって加熱された冷却水を熱交換チューブ55に流すことにより、水素吸蔵タンク51内の水素吸蔵合金を加熱し、水素吸蔵合金から定常的に水素を放出可能な温度に保持している。

【0059】ところで、燃料電池57の始動時には燃料電池57が運転されていないので、上述した通常運転時のように燃料電池57の廃熱を利用して水素吸蔵タンク51内の水素吸蔵合金を加熱することができない。そのため、始動時の温度条件によっては、水素吸蔵合金から水素を全く放出することができなかつたり、あるいは、水素放出可能であっても水素吸蔵合金から水素を放出すると水素吸蔵合金が直ぐに放出限界温度を下回って放出不能になる場合がある。

【0060】この水素供給装置では、このように水素吸蔵合金に対する加熱手段である熱交換チューブ55を流れる冷却水(熱媒体)の熱量が、水素吸蔵合金が要求する熱量に満たない時(例えば、低温始動時)には、水素タンク69の水素を水素吸蔵タンク51の上流側からダクト53に放出してダクト53に導入された外気とともに水素吸蔵タンク51の外周に流し、水素吸蔵タンク51の表面に添設された酸化触媒52により触媒燃焼させる。これにより、水素の触媒燃焼により水素吸蔵タンク51およびこれに収納された水素吸蔵合金を加熱するようにしている。

【0061】水素タンク69からダクト53への水素の放出は、熱交換チューブ55に供給される冷却水の温度が所定温度 t_3 を越えて、水素吸蔵合金が定常的に水素放出可能な温度を維持するために水素吸蔵タンク51が要求する熱量を冷却水の供給だけで賄えるようになるまで継続し、所定温度 t_3 を越えたらダクト53への水素の放出を停止して前述した通常運転状態にすることとした。

【0062】このようにすると、従来のように電気ヒーター等の電気-熱変換素子を用いて水素吸蔵タンク1を加熱したときと比較して、迅速に水素吸蔵合金を加熱することができる。特に、この実施の形態では、酸化触媒52を水素吸蔵タンク51の表面に添設しており、水素の触媒燃焼が水素吸蔵タンク51の外周面で生じるので、その燃焼熱を極めて効率的に水素吸蔵タンク51および水素吸蔵合金に伝達することができ、極めて迅速に加熱することができる。また、酸化触媒52は水素吸蔵タンク1を担体として利用し、この水素吸蔵タンク51の外周面に極めて薄く設けることができるので、装置体積および重量の実質的な増加がない。換言すれば、触媒燃焼器の専有スペースを実質的に不要にすることができ、装置の小型軽量化が可能となる。

【0063】次に、図4の図面を参照して、燃料電池への水素供給処理を説明する。なお、図4のフローチャートでは、水素吸蔵タンクをMHタンクと表記し、燃料電

池をFCと表記している。また、この実施の形態では、TC7で検出される冷却水の温度が所定温度 t_3 以下のときは、冷却水だけでは水素吸蔵タンク51が要求する熱量を賄えないものと判定することとした。

【0064】水素供給装置は、イグニッションスイッチのON信号により始動開始となり、ECU67は、温度センサTC7の出力信号に基づき冷却水の温度を検出し(ステップS201)、この冷却水温度が所定温度 t_3 よりも大きいか否かを判定する(ステップS202)。

【0065】ステップS202において否定判定した場合には、ステップS203からステップS213に示す低温始動処理を実行する必要があると判断してステップS203に進み、ファン77の運転を開始し、外気がダクト53を通過して水素吸蔵タンク51に向かって流れるようにする。

【0066】次に、ステップS204に進み、流量制御弁V7を、水素供給管71と水素供給管75とを連通して水素供給管73を閉塞するように作動する。これにより、水素タンク69の水素が水素供給管75からダクト53に放出され、ダクト53に導入された外気とともに水素吸蔵タンク1の周りを流れる。このとき、水素吸蔵タンク51の表面に添設された酸化触媒52によって水素が触媒燃焼し、水素吸蔵タンク51を加熱し、水素吸蔵タンク51に収納されている水素吸蔵合金を加熱する。

【0067】次に、ステップS205に進み、温度センサTC6の出力信号に基づいて水素吸蔵タンク1に収納されている水素吸蔵合金の温度を検出し、圧力センサP3の出力信号に基づいて水素供給管61の水素圧力(すなわち、水素吸蔵タンク51から放出される水素圧力)を検出する。

【0068】次に、ステップS206に進み、水素吸蔵合金の温度(TC6)と水素供給管61の水素圧力(P3)に基づいてダクト53内に放出させるべき燃焼用水素の量を算出し、これに基づいて流量制御弁V7の開度を決定して、ステップS207において流量制御弁V7の開度調整を行う。

【0069】次に、ステップS208に進み、水素吸蔵合金の温度(TC6)の温度が所定温度 t_4 を越えているか否かを判定する。ステップS208において否定判定した場合は、すなわち、水素吸蔵合金の温度が所定温度 t_4 を越えていない場合には、水素吸蔵合金から水素を放出することができず、すなわち燃料電池57に水素を供給することができないので、ステップS205に戻る。そして、ステップS208で肯定判定するまで、ステップS205からステップS208の処理を繰り返して実行する。これにより、ステップS208で肯定判定するまでは、燃料電池57を運転せず、水素の触媒燃焼による水素吸蔵合金の加熱だけを継続することとなる。

【0070】ステップS208において肯定判定した場

合には、水素吸蔵合金から水素を放出可能であるので、ステップS209に進んで、流量制御弁V6を開き、水素供給管61と水素供給管63とを連通して、水素吸蔵タンク51の水素を燃料電池57に供給して燃料電池57の運転を開始する。そして、ステップS210に進み、ポンプ59の運転を開始して、冷却水を循環させる。

【0071】次に、ステップS211に進み、温度センサTC7の出力信号に基づき冷却水の温度を検出し、さらにステップS212に進んで、この冷却水温度が所定温度t3よりも大きいと判定する。ステップS212において否定判定した場合には、冷却水の供給だけでは熱量が不足し、水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができないので、ステップS206に戻り、ステップS212で肯定判定するまで、ステップS206からステップS212の処理を繰り返し実行する。これにより、ステップS212で肯定判定するまでは、水素吸蔵タンク51の水素吸蔵合金から放出された水素を燃料電池57に供給し発電しながら、水素タンク69からダクト53に放出された水素を触媒燃焼させて水素吸蔵合金の加熱を継続することとなる。

【0072】そして、ステップS212で肯定判定した場合、すなわち、冷却水の温度が所定温度t3を超えた場合には、冷却水の供給だけで水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができるので、ステップS213に進んで流量制御弁V7を閉じて、水素タンク69の水素をダクト53に放出するのを停止し、また、ファン77の運転を停止してダクト53への外気の導入を停止する。

【0073】次いで、ステップS214に進み、流量制御弁V7を、水素供給管71と水素供給管73を連通して水素供給管75を閉塞するように作動し、水素吸蔵タンク51の水素を水素タンク69にも供給されるようにする。これにより、低温始動処理（ステップS203からステップS213）の実行により水素の貯蔵量が減少した水素タンク69に水素が補充される。

【0074】次いで、ステップS215に進み、圧力センサP3で検出される水素吸蔵タンク51出口の水素圧力と、圧力センサP4で検出される水素タンク69出口の水素圧力が同一圧力か否かと判定する。ステップS215で否定判定した場合には、ステップS214に戻って水素タンクへの水素の供給を継続する。ステップS215で肯定判定した場合には、ステップS216に進み、流量制御弁V7を全閉にして水素タンク69への水素の供給を停止し、始動完了となる。この後は、通常制御（図示せず）に移行する。

【0075】一方、ステップS202において肯定判定した場合、すなわち、イグニッションスイッチのONで始動開始し、温度センサTC7により冷却水温度を検出して（ステップS201）、この冷却水温度が所定温度

t3よりも大きいと判定した場合には、水素をダクト53に供給して触媒燃焼させなくても、熱交換チューブ55に冷却水を供給するだけで十分に水素吸蔵合金を定常的に水素放出可能な温度に維持することができるので、すなわちステップS203からステップS213に示す低温始動処理を実行する必要がないので、ステップS217に進み、流量制御弁V6を開いて水素供給管61と水素供給管63とを連通し、水素吸蔵タンク51から水素を燃料電池57に供給して、燃料電池7を運転して発電する。次いで、ステップS218に進み、ポンプ59の運転を開始して、冷却水を循環させる。この後、ステップS214に進む。ステップS214以降の処理については前述と同じであるので説明を省略する。

【0076】〔他の実施の形態〕尚、この発明は前述した実施の形態に限られるものではない。例えば、この実施の形態では、酸化触媒を水素吸蔵タンクの外周面に添設する手段として電着を採用したが、電着に代えて、例えば泳動メッキや塗布など任意の手段を採用することができる。また、触媒は白金黒に限るものではなく他の酸化触媒で構成することができる。また、第1加熱手段の熱媒体として、燃料電池7の発電に寄与しなかった排出空気などを利用することもできる。

【0077】

【発明の効果】以上説明するように、請求項1に記載した発明によれば、第1加熱手段の熱媒体の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、水素を燃焼させることによって水素吸蔵タンクに収納された水素吸蔵合金を迅速に加熱することができるので、水素吸蔵合金からの水素の放出を早めることができる。

【0078】また、燃料電池の運転により第1加熱手段の熱媒体が加熱され、第1加熱手段の熱媒体の熱量を水素吸蔵タンクの要求する熱量まで早期に増大させることが可能となるので、第2加熱手段で燃焼する水素量を減らすことができる。さらに、燃料電池の廃熱を有効利用することができる。

【0079】請求項2に記載した発明によれば、第1加熱手段の熱媒体の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときに、水素タンクから燃料電池に供給される水素によって燃料電池を運転すると同時に、水素タンクから第2加熱手段に供給される水素を燃焼させて水素吸蔵タンクを加熱し水素吸蔵合金を加熱することができるので、燃料電池が運転不能となる事態を回避することができる。また、前述の如く第2加熱手段で燃焼する水素量を減らすことができることから、水素タンクの容量を小さくすることができる。

【0080】請求項3に記載した発明によれば、第1加熱手段の加熱空気は熱媒体の熱量が水素吸蔵タンクの要求する熱量に満たないときには、水素吸蔵タンクは第1加熱手段の加熱空気の熱に加えて、第2加熱手段での触媒燃焼による生じた燃焼熱で加熱されることとなるので、水素吸

蔵タンクをより迅速に加熱することができ、水素吸蔵合金からの水素の放出をより早めることができる。また、燃料電池の運転により第1加熱手段の加熱空気が加熱され、該加熱空気の熱量を水素吸蔵タンクの要求する熱量まで早期に増大させることが可能となるので、第2加熱手段で燃焼する水素量を減らすことができる。さらに、燃料電池の廃熱を有効利用することができる。また、第1加熱手段の熱媒体を空気としたことにより、装置構成の簡素化、軽量化を図ることができる。

【0081】請求項4に記載した発明によれば、水素吸蔵タンクを担体として利用しているので、第2加熱手段の専有スペースを実質的に不要にすることができ、装置の小型軽量化が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明に係る第1の実施の形態の水素供給装置を備えた自動車用燃料電池のシステム構成図であ

る。

【図2】 前記第1の実施の形態における水素供給処理のフローチャートである。

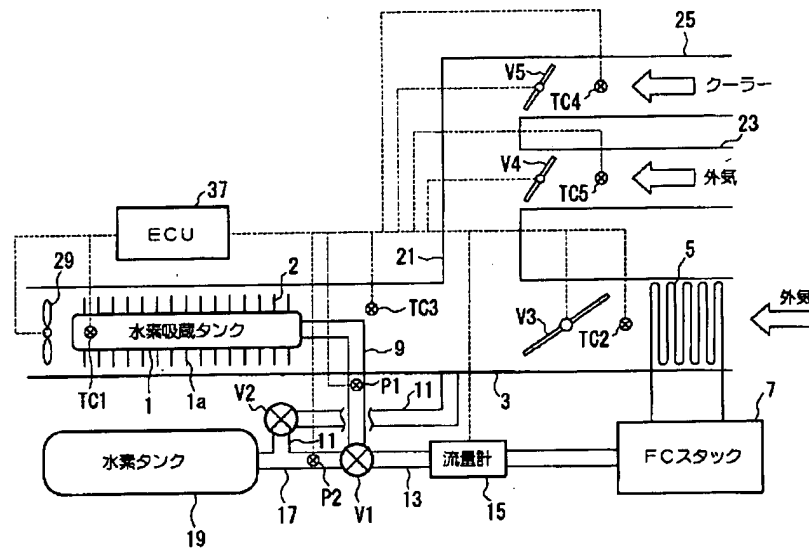
【図3】 この発明に係る第2の実施の形態の水素供給装置を備えた自動車用燃料電池のシステム構成図である。

【図4】 前記第2の実施の形態における水素供給処理のフローチャートである。

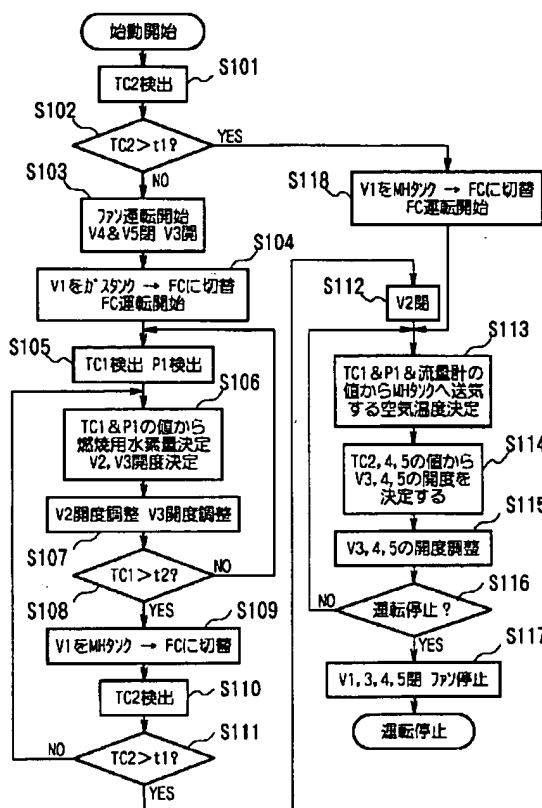
【符号の説明】

- 1, 51 水素吸蔵タンク
- 2, 52 酸化触媒（触媒、触媒燃焼器、第2加熱手段）
- 3 ダクト（第1加熱手段）
- 5, 55 熱交換チューブ（第1加熱手段）
- 7, 57 燃料電池
- 19 水素タンク

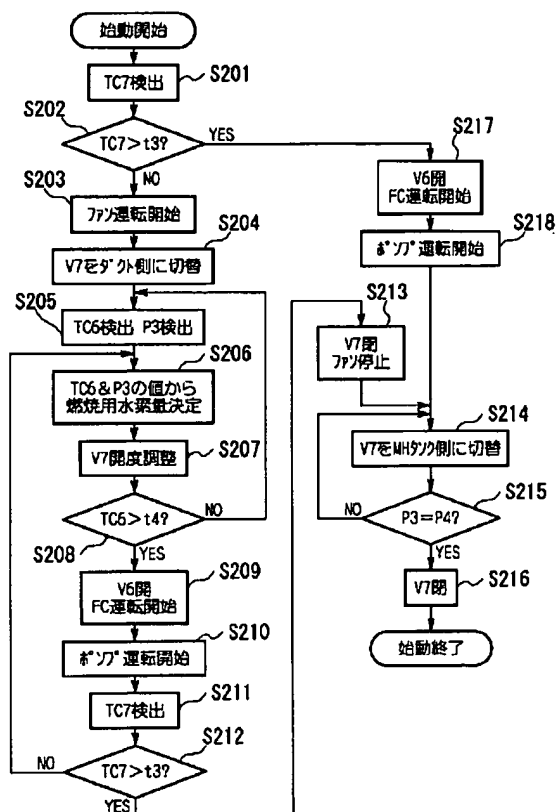
【図1】



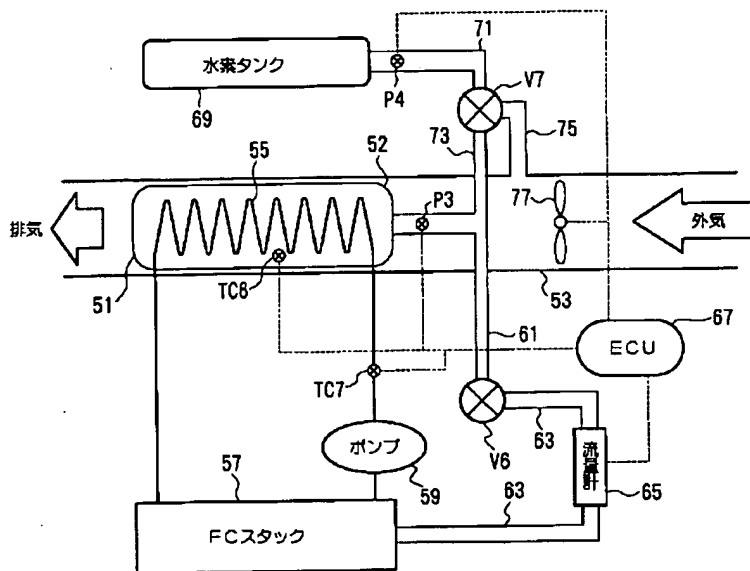
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(72)発明者 縫谷 芳雄
埼玉県和光市中央1丁目4番1号 株式会
社本田技術研究所内

Fターム(参考) 3E072 EA10
4G040 AA16 AA29
4G140 AA16 AA29
5H027 AA02 BA14 MM21